

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-231193

[ST.10/C]:

[JP2002-231193]

出 願 人

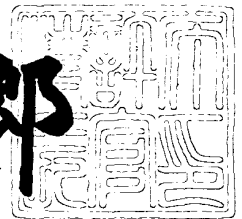
Applicant(s):

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー

2003年 1月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2002-3106528

【書類名】 特許願

【整理番号】 16CT01060

【提出日】 平成14年 8月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/62

【発明の名称】 3次元空間フィルタ装置および方法

【請求項の数】 32

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内

【氏名】 西出 明彦

【特許出願人】

【識別番号】 300019238

【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク
ノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100085187

【弁理士】

【氏名又は名称】 井島 藤治

【選任した代理人】

【識別番号】 100090424

【弁理士】

【氏名又は名称】 鯨島 信重

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0005611

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元空間フィルタ装置および方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元空間フィルタで3次元画像のフィルタリングを行う3次元空間フィルタ装置であって、

前記3次元画像の画素値の特性に応じて前記3次元空間フィルタの係数を変える係数調節手段、

を具備することを特徴とする3次元空間フィルタ装置。

【請求項2】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項3】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の平均値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項4】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最大値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項5】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最小値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項6】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の中間値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項7】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最大値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項8】 前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の2乗の最大値である、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元空間フィルタ装置。

【請求項 9】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最小値である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 10】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の最小値である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 11】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の中間値である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 12】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の中間値である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 13】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素またはその近傍画素の画素値の特性に依存して 3 次元空間フィルタの係数が調節される、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 14】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素とその近傍画素の標準偏差を用いる、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 15】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の和を用いる、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 16】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗和を用いる、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の 3 次元空間フィルタ装置。

【請求項 17】 3 次元空間フィルタで 3 次元画像のフィルタリングを行うにあたり、

前記 3 次元画像の画素値の特性に応じて前記 3 次元空間フィルタの係数を調節する、

ことを特徴とする 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 1 8】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 1 9】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の平均値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 0】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最大値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 1】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最小値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 2】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の中間値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 3】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最大値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 4】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の最大値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 5】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最小値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 6】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の最小値である、

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 7】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の

画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の中間値である、
ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 8】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の
画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の中間値である、
ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 2 9】 前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素ま
たはその近傍画素の画素値の特性に依存して 3 次元空間フィルタの係数が調節さ
れる、
ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 3 0】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される
注目画素とその近傍画素の標準偏差を用いる、
ことを特徴とする請求項 2 9 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 3 1】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される
注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の和を用いる、
ことを特徴とする請求項 2 9 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【請求項 3 2】 前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される
注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗和を用いる、
ことを特徴とする請求項 2 9 に記載の 3 次元空間フィルタ方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は 3 次元空間フィルタ (f i l t e r) 装置および方法に関し、特に、
3 次元画像について 3 次元空間フィルタリング (f i l t e r i n g) を行う 3
次元空間フィルタ装置および方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

3 次元画像の画質改善等のために、3 次元画像について 3 次元空間フィルタリ
ングが行われる。3 次元空間フィルタリングの種類としては、例えばローパスフ
ィルタリング (l o w - p a s s f i l t e r i n g) やエッジ (e d g e)

強調、相関検出用フィルタリング等がある。3次元空間フィルタリングは、3次元空間フィルタで画像データ（data）上を走査しながら重畳することによって行われる。重畳はコンボリューション（convolution）とも呼ばれる。重畳の重み係数はフィルタ係数とも呼ばれる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来、3次元空間フィルタリングのフィルタ係数は予め設定した値に固定されていた。このため、例えばローパスフィルタリング等は3次元画像全体を通じて一様な強度で行われていた。

【0004】

3次元画像が例えばX線CT（Computed Tomography）装置の複数枚の断層像であるとする、それが低X線線量の断層像等である場合は、画像に含まれるノイズ（noise）は画素値が大きいところほど大きくなる場合がある。これは、画素値がCTナンバー（CT number）で表されることに由来する。すなわち、CTナンバーはX線の減衰度を表す数値であるから、画素値が大きいほどX線が弱くなりS/N（signal-to-noise ratio）が悪くなりノイズが増加する。

【0005】

このような性質を持つ3次元画像について固定係数の3次元空間フィルタリングで例えばローパスフィルタリング等を行うと、画素値が大きいS/Nの悪い部分についての適切なフィルタリングは画素値が小さいS/Nの良い部分については過剰なフィルタリングとなる。また、画素値が小さいS/Nの良い部分についての適切なフィルタリングは画素値が大きいS/Nの悪い部分については不十分なフィルタリングとなる。このような場合は、3次元画像全体についての適切なフィルタリングを行えない場合である。

【0006】

そこで、本発明の課題は、3次元画像全体について画素値に依存した特性の異なる場合でも適切に3次元空間フィルタリングを行う3次元空間フィルタ装置および方法を実現することである。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

(1) 上記の課題を解決するためのひとつの観点での発明は、3次元空間フィルタで3次元画像のフィルタリングを行う3次元空間フィルタ装置であって、前記3次元画像の画素値の特性に応じて前記3次元空間フィルタの係数を変化させる係数調節手段、を具備することを特徴とする3次元空間フィルタ装置である。

【 0 0 0 8 】

(2) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、3次元空間フィルタで3次元画像のフィルタリングを行うにあたり、前記3次元画像の画素値の特性に応じて前記3次元空間フィルタの係数を調節する、ことを特徴とする3次元空間フィルタ方法である。

【 0 0 0 9 】

(1) および(2)に記載の各観点での発明では、3次元画像の画素値の特性に応じて3次元空間フィルタの係数を変化させるので、3次元画像全体について3次元空間フィルタリングを適切に行うことができる。

【 0 0 1 0 】

前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値であることが、注目画素値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の平均値であることが、注目画素および近傍画素の画素値の平均値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 1 】

前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最大値であることが、注目画素および近傍画素の画素値の最大値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 2 】

前記特性は3次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の最小値であることが、注目画素および近傍画素の画素値の最小値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 3 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素および近傍画素の画素値の中間値であることが、注目画素および近傍画素の画素値の中間値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 4 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最大値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の最大値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 5 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の最大値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗の最大値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 6 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の最小値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の最小値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 7 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の最小値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗の最小値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 8 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の絶対値の中間値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の中間値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 1 9 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の各々の画素の画素値の差分の 2 乗の中間値であることが、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗の中間値をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 2 0 】

前記特性は 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値の特性に依存して 3 次元空間フィルタの係数が調節されて画素値の特性をフィルタ係数に反映させる点で好ましい。

【 0 0 2 1 】

前記特性の指標の 1 つとして 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素とその近傍画素の標準偏差を用いることが、画素値の特性をフィルタ係数に反映させる点で好ましい場合もある。

【 0 0 2 2 】

前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の絶対値の和を用いることが、注目画素とその近傍画素の特性をフィルタ係数に反映させる点で好ましい場合もある。

【 0 0 2 3 】

前記特性の指標として 3 次元画像内のフィルタ重畳される注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の差分の 2 乗和を用いることが、注目画素とその近傍画素の特性をフィルタ係数に反映させる点で好ましい場合もある。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図 1 に 3 次元空間フィルタ装置のブロック (b l o c k) 図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、本装置は画像獲得部 1 0 2 を有する。画像獲得部 1 0 2 は所定の対象に関する 3 次元画像を獲得するものである。そのような画像獲得部 1 0 2 としては、例えば X 線 C T 装置が用いられる。X 線 C T 装置は、ヘリカルスキャン (h e l i c a l s c a n) 等により対象の複数枚の断層像すなわち 3 次元画像を撮影する。

【 0 0 2 6 】

なお、画像獲得部 1 0 2 としては、X 線 C T 装置ばかりでなく、例えば磁気共鳴撮影 (M R I : M a g e n t i c R e s o n a n c e I m a g i n g) 装置や超音波撮影装置等であってよく、また、医療分野に限らず非破壊検査や物理現象解析等他の分野の 3 次元画像獲得装置、例えば、産業用 X 線 C T 装置やラミノグラフィ (L a m i n o g r a p h y) 装置等であってよい。

【 0 0 2 7 】

画像獲得部 1 0 2 が獲得した 3 次元画像は画像処理部 1 0 4 に入力される。画像処理部 1 0 4 は入力された 3 次元画像について 3 次元空間フィルタリングを行う。画像処理部 1 0 4 には表示部 1 0 6 および操作部 1 0 8 が接続され、使用者がそれらを通じて必要に応じてインタラクティブ (i n t e r a c t i v e) に画像処理部 1 0 4 を操作できるようになっている。

【 0 0 2 8 】

画像処理部 1 0 4 は例えばコンピュータ (c o m p u t e r) 等によって構成される。図 2 に、画像処理部 1 0 4 の構成の一例をブロック図によって示す。同図に示すように、画像処理部 1 0 4 は、CPU (C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t) 4 0 2、メインメモリ (m a i n m e m o r y) 4 0 4、外部メモリ 4 0 6、画像入力インターフェース (i n t e r f a c e) 4 0 8、表示出力インターフェース 4 1 0 および操作入力インターフェース 4 1 2 をバス (b u s) 4 1 4 で相互接続してなる。

【 0 0 2 9 】

画像入力インターフェース 4 0 8 には画像獲得部 1 0 2 が接続される。表示出力インターフェース 4 1 0 には表示部 1 0 6 が接続される。操作入力インターフェース 4 1 2 には操作部 1 0 8 が接続される。

【0030】

外部メモリ406には、CPU402を動作させるためのプログラム（program）が記憶されている。CPU402がプログラムをメインメモリ404に読み出して実行し、画像処理部104として所定の機能を果たす。

【0031】

外部メモリ406には、また、画像入力インターフェース408を通じて画像獲得部102から取り込んだ3次元画像データが記憶される。図3に、外部メモリ406に記憶された3次元画像データの概念図を示す。同図に示すように、3次元画像データは3次元の画素マトリクスを形成している。

【0032】

3次元画素マトリクスの3軸の方向をそれぞれx、y、zとすると、マトリクスサイズ（matrix size）は、例えば、x方向およびy方向においていずれも512画素であり、z方向において100画素である。すなわち、 $512 \times 512 \times 100$ のマトリクスとなっている。これは、画素数が 512×512 の断層像の連続100スライス分の集合に相当する。

【0033】

この3次元画像について、CPU402により3次元空間フィルタリングを行う。3次元空間フィルタリングは、画像データを3次元空間フィルタを用いてコンボリューションすることにより行われる。

【0034】

図4に、3次元空間フィルタの一例を示す。同図に示すように、3次元空間フィルタは $3 \times 3 \times 3$ の構造の係数を持つ。なお、3次元空間フィルタサイズは $3 \times 3 \times 3$ に限らず $5 \times 5 \times 5$ や $7 \times 7 \times 7$ 、あるいは、 $2 \times 2 \times 2$ や $4 \times 4 \times 4$ 等適宜でよい。また、等方的にx、y、z方向のサイズが等しい代わりに等方的でなくてもよい。

【0035】

3次元空間フィルタに対応してフィルタ係数が設定される。3次元空間フィルタは重畳（convolution）フィルタとも呼ばれる。図5に、重畳フィルタの一例を示す。

【 0 0 3 6 】

同図に示すように、重畳フィルタはサイズが同一の局所領域の各画素に 1 対 1 に対応しながら重畳演算を行う。各画素位置には係数がそれぞれ配置されている。そのような重畳フィルタ係数が予め外部メモリ 4 0 6 に記憶されている。

【 0 0 3 7 】

3 次元空間フィルタリングとは、重畳フィルタを画像上で走査させ対応画素の画素値とそれぞれ積和演算した値を求めることである。これによって、重畳フィルタによる重畳積和演算結果画像が求められる。これが 3 次元空間フィルタリングである。

【 0 0 3 8 】

フィルタリングの特性は 3 次元空間フィルタにおける係数の値およびその配置によって定まる。図 6 に、3 次元空間フィルタリングにおける係数の値およびその配置の例を示す。

【 0 0 3 9 】

同図の (a) は、すべての画素位置に同一の係数 $1/27$ を配置した例である。このような係数設定により平均化すなわちローパスフィルタリングが行える。

(b) は中央 y 方向の画素位置の係数をすべて 0 とし、その両側の y 方向では一方の係数をすべて -1 とし、他方の係数をすべて 1 としたものである。これによって x 方向の 1 次微分すなわちエッジ強調が行える。(c) は中央の係数を 6 とし、その x, y, z 方向の係数を -1 としその他は 0 としたものである。これによって 2 次微分を行うことができる。

【 0 0 4 0 】

3 次元空間フィルタリングでは x y z 軸のすべてに対して傾斜した方向でのエッジ強調を行うための係数設定も可能である。図 7 に、そのような係数設定の一例を示す。同図 (a)、(b)、(c) は 3 次元空間フィルタリングにおける z 軸に沿った 3 層の x y 空間フィルタ係数における係数設定例をそれぞれ示す。

【 0 0 4 1 】

第 1 層 (z - 1) においては、(a) に示すように、右下がりの対角線方向に沿って係数 1 を配置し、これを境にした右側部分にはすべて 1 を配置し、左側部

分では隅を除いて 0 を配置し、隅に - 1 を配置している。

【 0 0 4 2 】

第 2 層 (z) においては、 (b) に示すように、右下がりの対角線方向に沿って係数 0 を配置し、これを境にした右側部分にはすべて 1 を配置し、左側部分にはすべて - 1 を配置している。

【 0 0 4 3 】

第 3 層 (z + 1) においては、 (c) に示すように、右下がりの対角線方向に沿って係数 - 1 を配置し、これを境にした左側部分にはすべて - 1 を配置し、右側部分では隅を除いて 0 を配置し、隅に 1 を配置している。

【 0 0 4 4 】

このような係数配置により、” 右下 ” 下がりの対角線方向でかつ第 1 層から第 3 層にかけて 3 次元空間フィルタを斜めに横切る方向に存在するエッジを強調することができる。

【 0 0 4 5 】

画像処理部 1 0 4 は、3 次元空間フィルタにおける係数設定を注目画素の画素値の特性や画素値に応じて変更しながらフィルタリングする。3 次元空間フィルタリングの画素値の特性としては、3 次元空間フィルタリングの注目画素の画素値がある。その他には、近傍の画素値の平均値、最大値、最小値、中間値等がある。

【 0 0 4 6 】

また、下記の各式で与えられる値をそれぞれ画素値の特性とすることができる。

【 0 0 4 7 】

【数 1】

$$\max_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} |G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)| \quad (1)$$

【 0 0 4 8 】

【数 2】

$$\max_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} \{G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)\}^2 \quad (2)$$

【0 0 4 9】

【数 3】

$$\min_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} |G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)| \quad (3)$$

【0 0 5 0】

【数 4】

$$\min_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} \{G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)\}^2 \quad (4)$$

【0 0 5 1】

【数 5】

$$\mod_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} |G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)| \quad (5)$$

【0 0 5 2】

【数 6】

$$\mod_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} \{G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)\}^2 \quad (6)$$

【 0 0 5 3 】

(1) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の絶対値の最大値を表す実施の形態の一例である。

(2) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の2乗の最大値を表す。

【 0 0 5 4 】

(3) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の絶対値の最小値を表す。

(4) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の2乗の最小値を表す。

【 0 0 5 5 】

(5) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の絶対値の中間値を表す。

(6) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の2乗の中間値を表す。

【 0 0 5 6 】

また、3次元空間フィルタリングにおける画素値の特性の一例として標準偏差で表すことができる。標準偏差の他の例としては、下記の各式で与えられる値をそれぞれ特性の指標の一例とすることができる。

【 0 0 5 7 】

【数 7】

$$\sum_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} |G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)| \quad (7)$$

【 0 0 5 8 】

【数 8】

$$\sum_{\substack{i=1, -1 \\ j=1, -1 \\ k=1, -1}} \{G(x, y, z) - G(x-i, y-j, z-k)\}^2 \quad (8)$$

【0 0 5 9】

(7) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の絶対値の和を表す。

(8) 式は、3次元空間フィルタリングにおける注目画素の画素値とその他の画素の画素値の差分の2乗和を表す。

【0 0 6 0】

図 8 に、画像処理部 1 0 4 の動作のフロー (f l o w) 図を示す。画像処理部 1 0 4 の動作は、実質的に CPU 4 0 2 の動作である。同図に示すように、3次元空間フィルタが走査を開始する。まず、ステップ (s t e p) 7 0 2 で、初期化が行われる。これによって、注目画素の初期位置は $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ とされる。

【0 0 6 1】

次に、ステップ 7 0 4 で、注目画素および近傍画素の画素値が 3 次元画像から読み出される。

次に、ステップ 7 0 6 で、特性決定が行われる。特性は、上記の注目画素値、近傍最大値、近傍最小値などのうちのいずれか 1 つが、利用すべき特性として予め決められている。

【0 0 6 2】

例えば、使用者により指定された特性が 3 次元空間フィルタの注目画素の画素値であったとすると、入力画像の値 $G_0(x, y, z)$ が読み込まれる。以下、3次元空間フィルタの注目画素の画素値を特性として利用する例で説明するが、他の場合も同様になる。

【0 0 6 3】

次に、ステップ 7 0 8 で、3次元空間フィルタの係数設定が行われる。CPU

4 0 2 は、本発明における係数調節手段の実施の形態の一例である。3 次元空間フィルタの係数設定は、ステップ 7 0 6 で決定した特性、すなわち、例えば注目画素の画素値に応じて行われる。以下、注目画素の画素値を注目画素値ともいう。

【 0 0 6 4 】

係数設定は例えば次のような要領で行われる。3 次元画像が X 線 C T 装置によって獲得した複数枚の断層像であり、3 次元空間フィルタがローパスフィルタである場合、フィルタリングの強度は注目画素値が大きいほど強く、注目画素値が小さいほど弱くなるように係数設定を行う。言い換えれば、注目画素値が大きいほど平均化を強くし、注目画素値が小さいほど平均化を弱くするような係数設定を行う。

【 0 0 6 5 】

図 9 に、強いローパスフィルタリングを行うための係数設定の例を示す。同図に示すように、3 次元空間フィルタのすべての画素位置に係数 $1/27$ を設定する。このように係数の和が“1”になるように規格化された係数設定により、注目画素および近傍画素のすべての画素値を同じ重みで重畳した値が得られる。この単純平均は強い方のローパスフィルタとする。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 に、弱いローパスフィルタリングを行うための係数設定の例を示す。同図に示すように、3 次元空間フィルタの x y 平面の各層において中央および上下左右の画素位置に係数 $1/15$ を設定し、残りの部分に計数 0 を設定する。このように係数の和が“1”になるように規格化された係数設定により、係数が 0 の部分の画素値は重畳から除外されるので、その分だけ平均化の程度が弱くなる。

【 0 0 6 7 】

係数 0 を設定する画素位置を多くするほど平均の程度は弱くなり、図 1 1 の (a) および (c) にそれぞれ示すように、第 1 層および第 3 層において、係数 $1/7$ の設定は中央だけにして他を 0 とすることにより、さらに弱い平均化を行うことができる。さらに、図 1 2 に示すように、係数 1 は注目画素だけにして他をすべて 0 とすることにより、変化なしとなる。

【0068】

注目画素値に対応した係数の設定は、予め定めたアルゴリズム (algorithm) もしくは式の計算によって行う。あるいは、注目画素値と係数との対応表を予め記憶しておきそれを参照して係数設定を行うようにしてもよい。

【0069】

次に、ステップ710で、重畳 (コンボリューション) が行われる。重畳 (コンボリューション) は、上記のように係数が設定された3次元空間フィルタを用いて、3次元空間フィルタの走査される画素に対して重畳を行う処理である。注目画素とその近傍の画素に対して3次元空間フィルタをコンボリューションした結果により注目画素の3次元空間フィルタリング出力値が得られる。

【0070】

X線CT装置で撮影した断層像は、前述のように画素値が大きいところほどノイズが大きく画素値が小さいところほどノイズが小さいので、このように、注目画素値が大きいところほど平滑化を強くし、注目画素値が小さいところほど平滑化を弱くすることにより、複数枚の断層像のローパスフィルタリングを画像全体にわたって適切に行うことができる。

【0071】

X線CT装置で撮影した断層像とは異なり、例えばMRI装置で撮影した画像のように、画素値が大きいところほどノイズが小さく画素値が小さいところほどノイズが大きい3次元像については、上記の例とは逆に、注目画素値が大きいところほど平滑化を弱くし、注目画素値が小さいところほど平滑化を強くすることにより、画像全体にわたってローパスフィルタリングを適切に行うことができる。

【0072】

ローパスフィルタリング以外の、例えば1次微分や2次微分においても上記に準じて係数設定を行うことにより、3次元画像全体にわたって適切な処理を行うことができる。

【0073】

次に、ステップ712で、出力画像への画素値書き込みが行われる。書き込ま

れた画素値はフィルタリング後の 3 次元出力画像となる。

次に、ステップ 7 1 4 で、 $x = x + 1$ とする。これによって、注目画素の位置が x 方向に 1 つ移動する。次に、ステップ 7 1 6 で $x = N$ であるか否かを判定する。 N は入力画像の x 方向の画素数である。否の場合はステップ 7 0 4 に戻り、ステップ 7 0 4 ～ 7 1 6 の処理を順次行う。 $x = N$ になるまでこれを繰り返す。

【0 0 7 4】

$x = N$ となったとき、ステップ 7 1 8 で、 $x = 0$ ， $y = y + 1$ とする。これによって、注目画素の位置が y 方向に 1 つ移動する。次に、ステップ 7 2 0 で $y = N$ であるか否かを判定する。 N は入力画像の y 方向の画素数である。

【0 0 7 5】

否の場合はステップ 7 0 4 に戻り、ステップ 7 0 4 ～ 7 1 6 の処理を $x = N$ になるまで繰り返し、 $x = N$ になるたび y を 1 ずつ増加させながら、 $y = N$ になるまで繰り返す。

【0 0 7 6】

$y = N$ となったとき、ステップ 7 2 2 で、 $x = 0$ ， $y = 0$ ， $z = z + 1$ とする。これによって、注目画素の位置が z 方向に 1 つ移動する。次に、ステップ 7 2 4 で $z = M$ であるか否かを判定する。 M は入力画像の z 方向の画素数である。

【0 0 7 7】

否の場合はステップ 7 0 4 に戻り、ステップ 7 0 4 ～ 7 1 6 の処理を $x = N$ になるまで繰り返し、 $x = N$ になるたび y を 1 ずつ増加させながら $y = N$ になるまで繰り返し、 $y = N$ になるたび z を 1 ずつ増加させながら、 $z = M$ になるまで繰り返す。 $z = M$ になったとき 3 次元空間フィルタリングは終了である。

【0 0 7 8】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、画素値依存の係数を持った 3 次元空間フィルタリングを行う 3 次元空間フィルタ装置および方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図 2】

画像処理部のブロック図である。

【図 3】

3 次元画像データの概念図である。

【図 4】

3 次元空間フィルタの概念図である。

【図 5】

重畳フィルタの概念図である。

【図 6】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【図 7】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【図 8】

本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図 9】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【図 1 0】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【図 1 1】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【図 1 2】

3 次元空間フィルタにおける係数設定例を示す図である。

【符号の説明】

1 0 2 画像獲得部

1 0 4 画像処理部

1 0 6 表示部

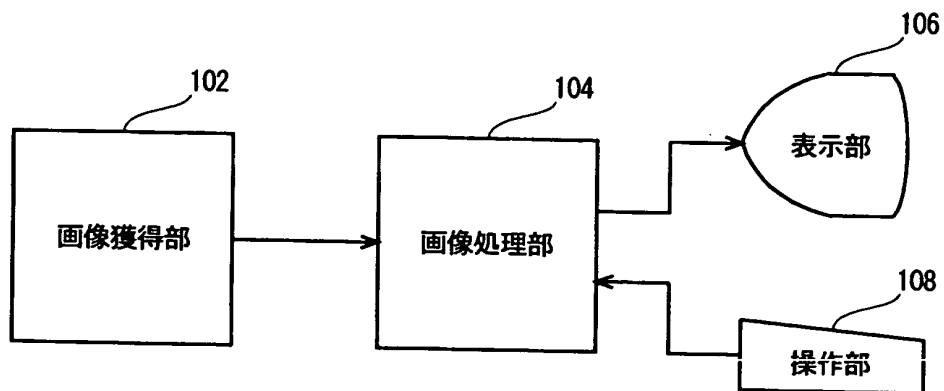
1 0 8 操作部

4 0 2 C P U

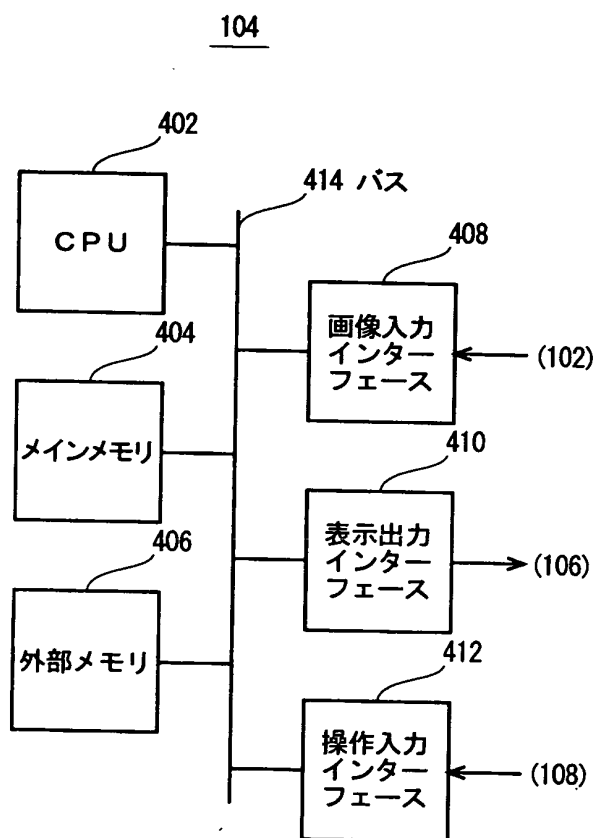
- 4 0 4 メインメモリ
- 4 0 6 外部メモリ
- 4 0 8 画像入力インターフェース
- 4 1 0 表示出力インターフェース
- 4 1 2 操作入力インターフェース

【書類名】 図面

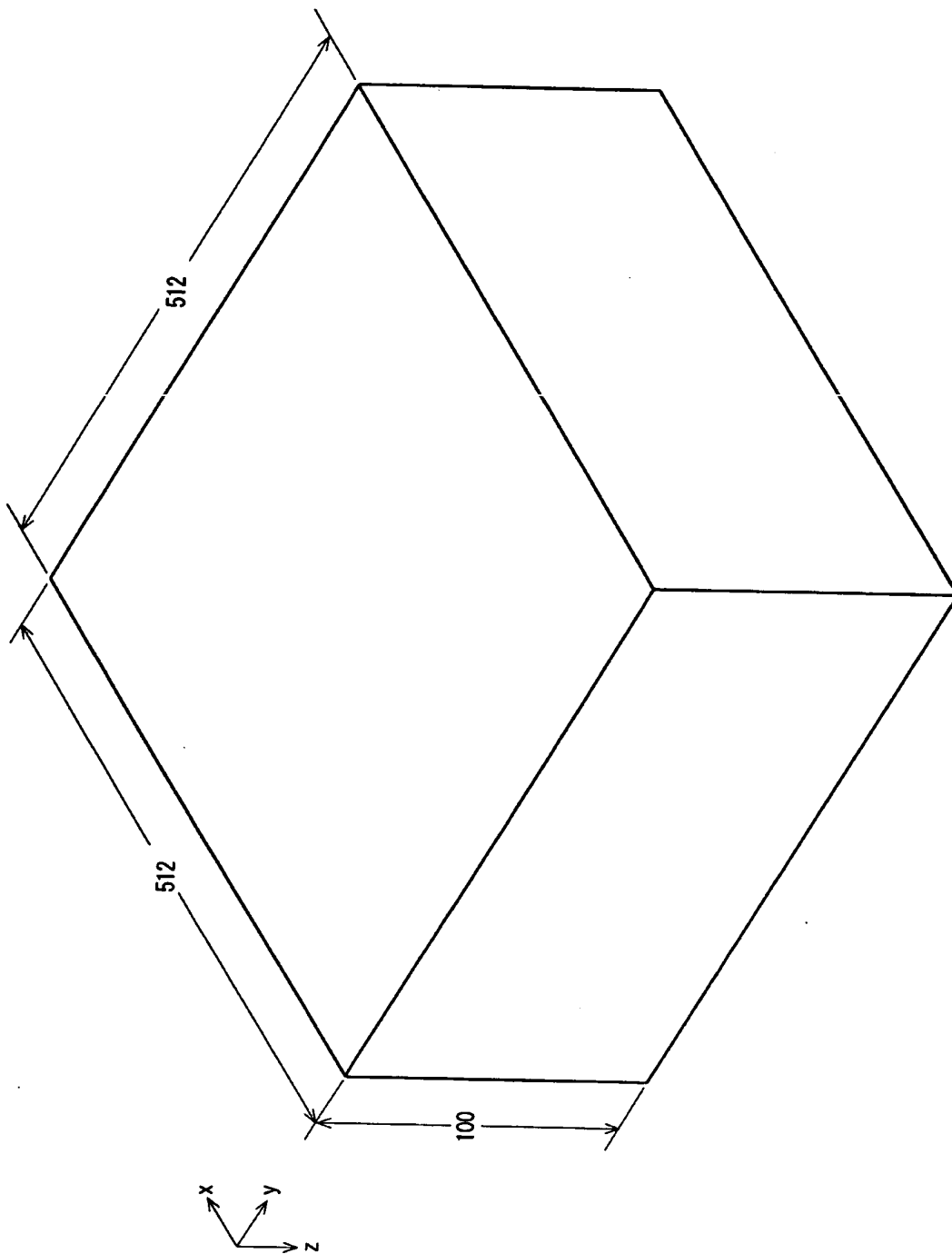
【図 1】



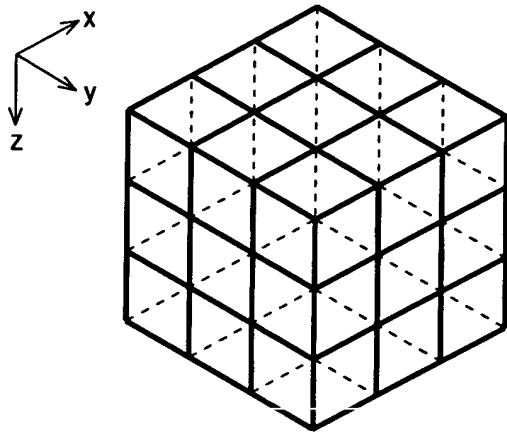
【図 2】



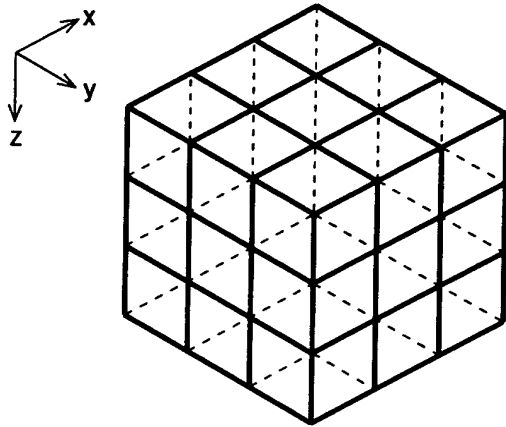
【図 3】



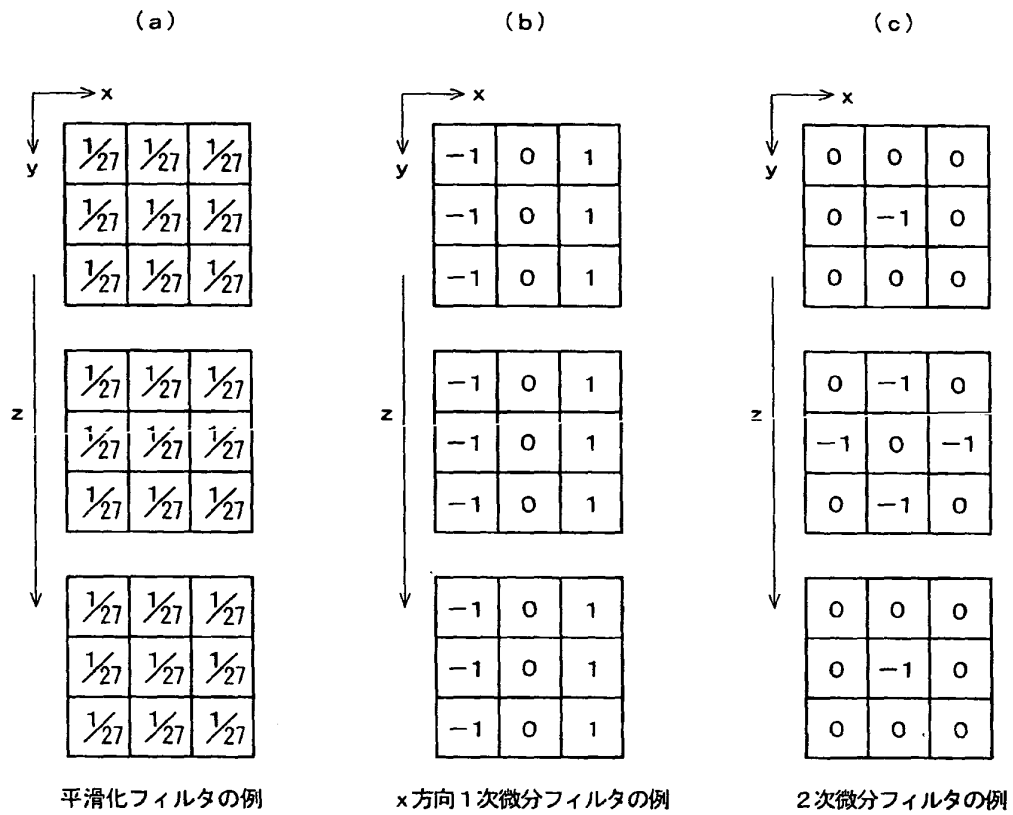
【图 4】



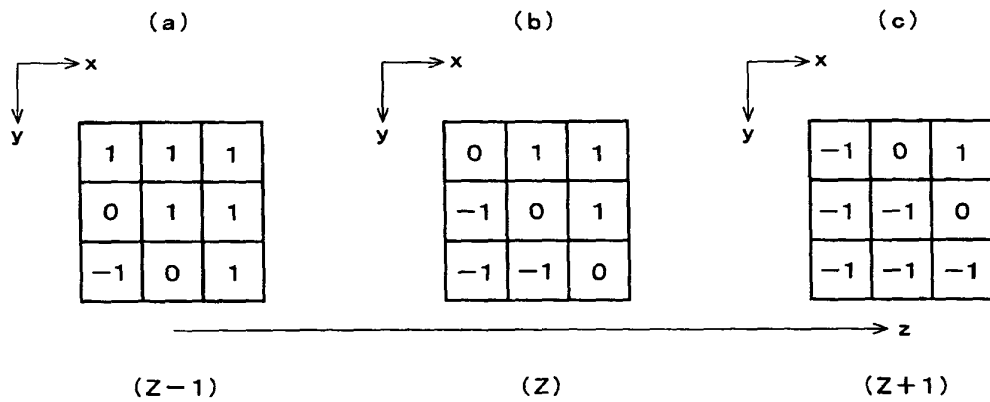
【图 5】



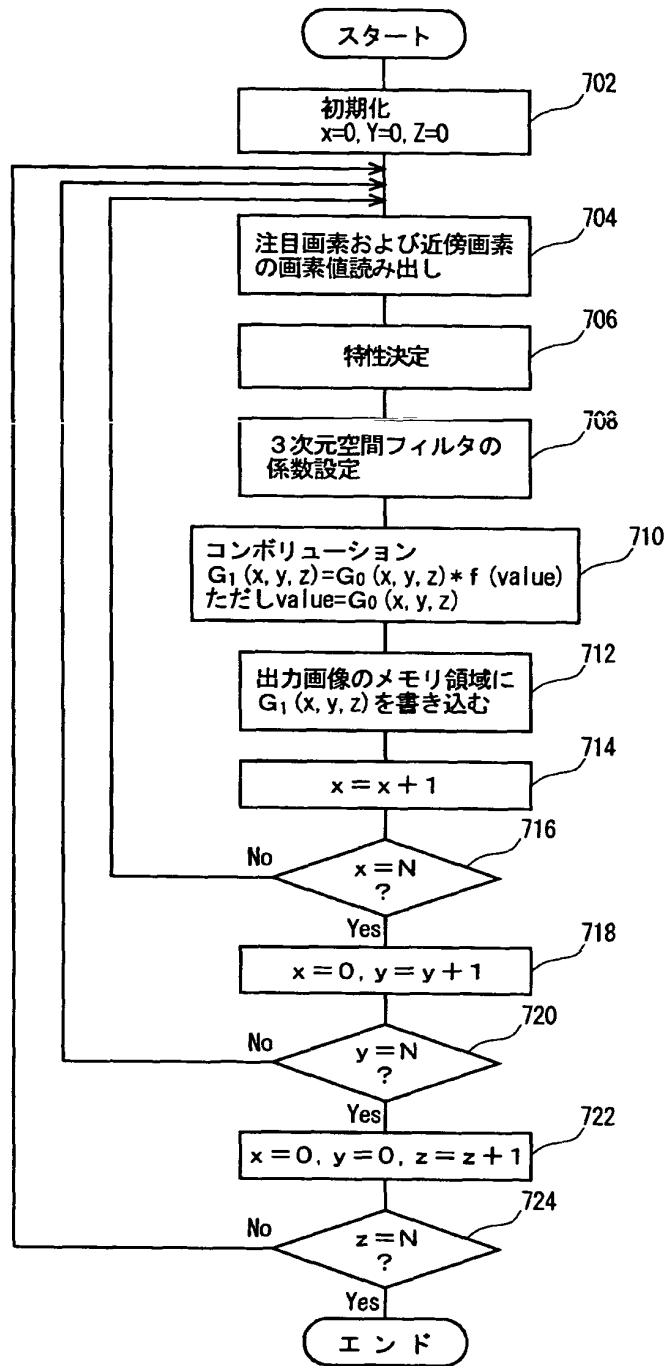
【図 6】



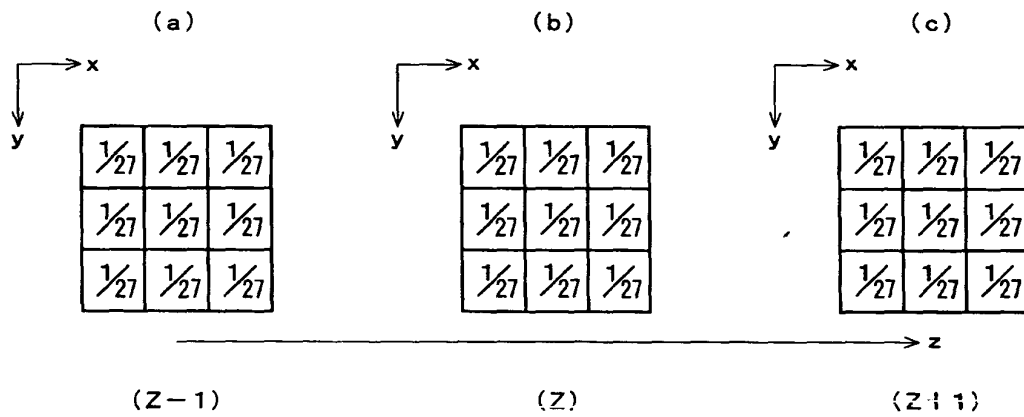
【図 7】



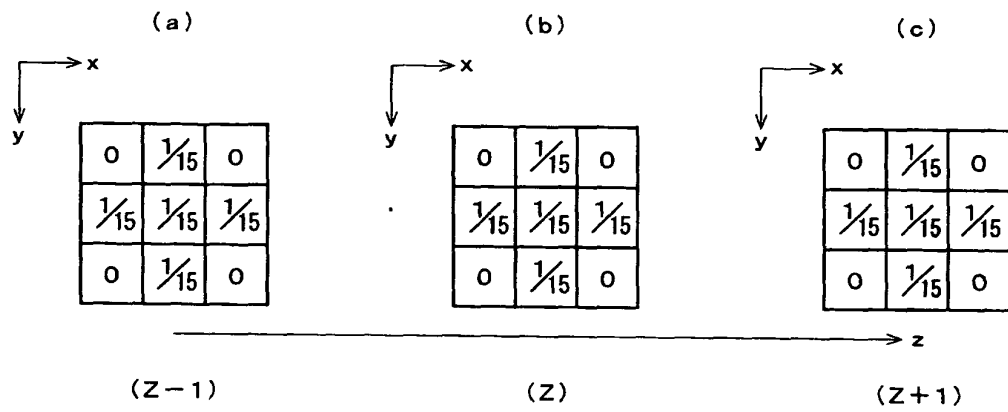
【図 8】



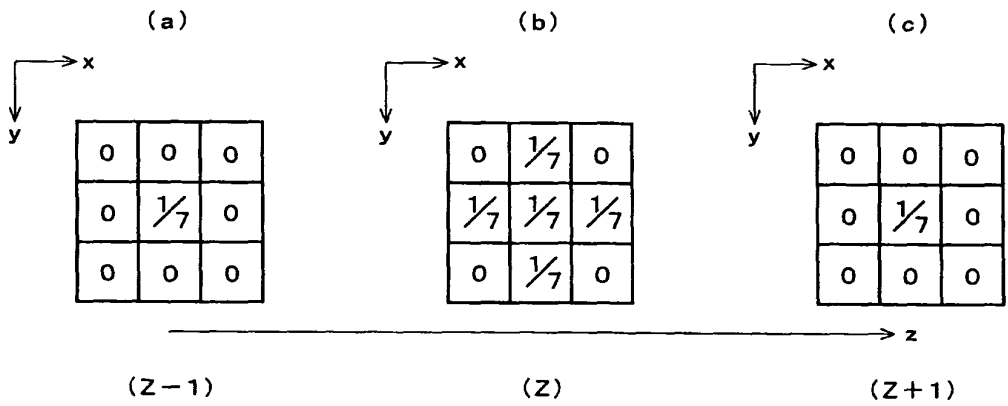
【図 9】



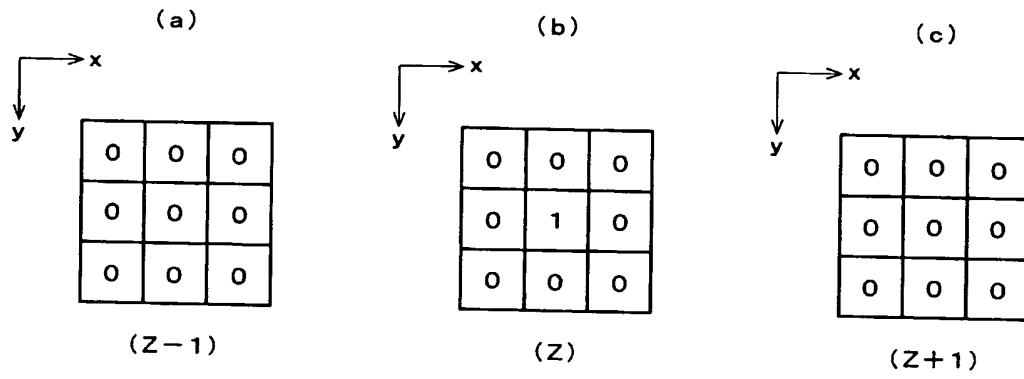
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 3次元画像全体について画素値依存の係数を持った3次元空間フィルタリングを行う3次元空間フィルタ装置および方法を実現する。

【解決手段】 3次元空間フィルタで3次元画像のフィルタリングを行うにあたり、3次元画像の画素値の特性に応じて3次元空間フィルタの係数を変化させる。画素値の特性は、注目画素値、注目画素の近傍の画素の平均画素値または最大画素値または最小画素値または中間画素値または画素値の特性、注目画素値と他の画素値間の差分の絶対和や2乗和等で表す。

【選択図】 図 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [300019238]

1. 変更年月日 2000年 3月15日

[変更理由] 名称変更

住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ
・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・71
0・3000

氏 名 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー